

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-326231

(P2002-326231A)

(43)公開日 平成14年11月12日(2002.11.12)

(51)Int.Cl.⁷

B 2 9 C 33/38
B 2 3 B 5/00
B 2 9 C 33/42
C 0 3 B 11/00
11/08

識別記号

F I

テーコート*(参考)

B 2 9 C 33/38
B 2 3 B 5/00
B 2 9 C 33/42
C 0 3 B 11/00
11/08

2 H 0 4 9

Z 3 C 0 4 5

4 F 2 0 2

M

審査請求 未請求 請求項の数33 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願2001-299664(P2001-299664)

(22)出願日

平成13年9月28日(2001.9.28)

(31)優先権主張番号 特願2001-54182(P2001-54182)

(32)優先日 平成13年2月28日(2001.2.28)

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000001270

コニカ株式会社

東京都新宿区西新宿1丁目26番2号

(72)発明者 細江 秀

東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株
式会社内

(74)代理人 100107272

弁理士 田村 敬二郎 (外1名)

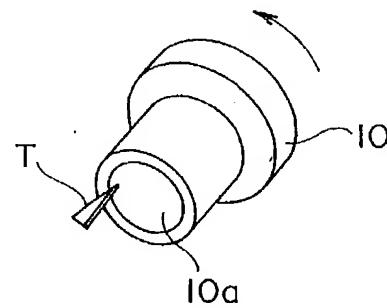
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学素子用金型、光学素子及びマスター型

(57)【要約】

【課題】切削性に優れ、寸法精度を高めることができ、しかも所望の光学面や寸法基準面の形状を転写形成可能な光学素子用金型、微細形状を転写形成可能な光学素子用金型、それを用いて形成された光学素子、及びそれを成形するためのマスター型を提供する。

【解決手段】過冷却液体域を有する非晶質合金MGを成形することによって形成された第1の型10に対し、光学成形面10aを削る加工を施すことによって第2の型10'を形成し、第2の型10'における光学成形面10aは、レンズの光学面もしくは寸法基準面を成形するために用いられるので、非晶質合金の被削性が極めて良好であることから、レンズの光学面もしくは寸法基準面に対応する金型の成形面を精度良く仕上げることができ、しかも工具の寿命を延長させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学素子を成形するための光学素子用金型であって、過冷却液体域を有する非晶質合金を成形することによって形成された第1の型に対して、光学素子の光学面もしくは寸法基準面を成形するために用いられる面を、削る加工を施すことによって形成したことを特徴とする光学素子用金型。

【請求項2】 前記第1の型は、前記過冷却液体域を有する非晶質合金を加熱軟化しプレス成形することで形成されることを特徴とする請求項1に記載の光学素子用金型。

【請求項3】 前記面を削る加工は、切削加工であることを特徴とする請求項1又は2に記載の光学素子用金型。

【請求項4】 前記面を削る加工は、研削加工であることを特徴とする請求項1又は2に記載の光学素子用金型。

【請求項5】 前記面を削る加工は、ダイアモンド工具を用いて行うことを特徴とする請求項3又は4に記載の光学素子用金型。

【請求項6】 光学素子を成形するための光学素子用金型であって、過冷却液体域を有する非晶質合金を成形することによって形成された第1の型に対して、光学素子の光学面もしくは寸法基準面を成形するために用いられる光学成形面を、露光・現像処理を行って形成したことを特徴とする光学素子用金型。

【請求項7】 光学素子を成形するための光学素子用金型であって、過冷却液体域を有する非晶質合金を成形することによって形成された第1の型に対して、光学素子の光学面もしくは寸法基準面を成形するために用いられる面を、削る加工を施し、露光・現像処理を施すことによって形成したことを特徴とする光学素子用金型。

【請求項8】 前記第1の型は、前記過冷却液体域を有する非晶質合金を加熱軟化しプレス成形することで形成されることを特徴とする請求項6又は7に記載の光学素子用金型。

【請求項9】 前記面を削る加工は、切削加工であることを特徴とする請求項6乃至8に記載の光学素子用金型。

【請求項10】 前記面を削る加工は、研削加工であることを特徴とする請求項6乃至8に記載の光学素子用金型。

【請求項11】 前記面を削る加工は、ダイアモンド工具を用いて行うことを特徴とする請求項9又は10に記載の光学素子用金型。

【請求項12】 前記光学素子の光学面に複数の突起又はくぼみが転写形成されるように、対応したくぼみ又は突起が形成されていることを特徴とする請求項6乃至11のいずれかに記載の光学素子用金型。

【請求項13】 前記光学素子の光学面の突起又はくぼ

みは、等価屈折率領域の微細構造を形成することを特徴とする請求項12に記載の光学素子用金型。

【請求項14】 前記光学素子の光学面の突起又はくぼみは、反射防止効果を発生する微細構造を形成することを特徴とする請求項12又は13に記載の光学素子用金型。

【請求項15】 前記光学素子の光学面の突起又はくぼみは、構造複屈折を発生する微細構造を形成することを特徴とする請求項12乃至14のいずれかに記載の光学素子用金型。

【請求項16】 前記光学素子の光学面の突起又はくぼみは、共鳴領域の微細構造を形成することを特徴とする請求項12乃至15のいずれかに記載の光学素子用金型。

【請求項17】 前記光学素子の光学面の突起又はくぼみは、前記光学素子に対して光を照射する光源の波長変化による収差変化を調整する機能を有することを特徴とする請求項12に記載の光学素子用金型。

【請求項18】 前記光学素子の光学面の突起又はくぼみは、温度変化による収差変化を調整する機能を有することを特徴とする請求項12又は17に記載の光学素子用金型。

【請求項19】 前記光学素子の光学面の突起又はくぼみは、回折輪帶であることを特徴とする請求項17又は18に記載の光学素子用金型。

【請求項20】 前記過冷却液体域を有する非晶質合金が、室温で硬度Hv300以上であることを特徴とする請求項1乃至19のいずれかに記載の光学素子用金型。

【請求項21】 前記過冷却液体域を有する非晶質合金が、室温で硬度Hv700以下であることを特徴とする請求項20に記載の光学素子用金型。

【請求項22】 前記過冷却液体域を有する非晶質合金の組成に、パラジウムを含有することを特徴とする請求項1乃至21のいずれかに記載の光学素子用金型。

【請求項23】 前記過冷却液体域を有する非晶質合金の組成に、パラジウムを30mol%以上50mol%以下の割合で含有することを特徴とする請求項22に記載の光学素子用金型。

【請求項24】 前記過冷却液体域を有する非晶質合金の組成に、銅、ニッケル、燐、ジルコニア、アルミニウムのいずれかを少なくとも3mol%以上の割合で含有することを特徴とする請求項1乃至22のいずれかに記載の光学素子用金型。

【請求項25】 請求項1乃至24のいずれかに記載の光学素子用金型を用いて成形したことを特徴とする光学素子。

【請求項26】 前記光学素子は、プラスチック材料を素材とすることを特徴とする請求項25に記載の光学素子。

【請求項27】 前記光学素子は、ガラス材料を素材と

することを特徴とする請求項25に記載の光学素子。

【請求項28】前記光学素子はレンズであることを特徴とする請求項25乃至27に記載の光学素子。

【請求項29】請求項1乃至24のいずれかに記載の光学素子用金型において、前記第1の型を成形するためには用いられることを特徴とするマスター型。

【請求項30】500°Cにおいて硬度Hv300以上である材料により形成されていることを特徴とする請求項29に記載のマスター型。

【請求項31】前記マスター型の材料は石英であることを特徴とする請求項30に記載のマスター型。

【請求項32】前記マスター型の材料は単結晶シリコンであることを特徴とする請求項30に記載のマスター型。

【請求項33】前記マスター型の材料はタングステンカーバイトを含んでいることを特徴とする請求項30に記載のマスター型。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学素子用金型、光学素子及びマスター型に関し、特に、所望の光学面を容易に形成でき、又寸法精度を向上させた光学素子用金型、それにより成形された光学素子及びそれを成形するためのマスター型に関する。

【0002】

【従来技術】従来から一般的に行われてきたプラスチック光学素子の光学素子用金型の製作手法としては、例えば鋼材やステンレス鋼などでプランク（一次加工品）を作っておき、その上に無電解ニッケルメッキとよばれる化学メッキにより、アモルファス状のニッケルと憲の合金を100μmほどの厚みに鍍膜し、このメッキ層を超精密加工機によりダイアモンド工具で切削加工して、高精度な光学面を得ていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】かかる従来技術の手法によれば、基本的に機械加工により部品形状を創成するため、加工機の運動精度近くまで容易に部品精度が高められる反面、製作工程に機械加工と化学処理が混在し煩雑で納期がかかること、メッキ層の厚みを考慮してプランク（一次加工品）を作製する必要があること、必ずしもメッキ処理が安定している訳ではなく、プランクの組成の偏りや汚れ具合によってメッキ層の付着強度がばらついたり、ピットと呼ばれるピンホール状の欠陥が生じたりすること、メッキ層の厚みの中で光学素子の光学面に対応する光学成形面を創成しなければならないため、光学成形面を再加工するときなどはメッキ厚みに余裕が無く加工不可能となる場合があること、一般的には繰り返し使用はできず金型コストが高いこと等々の不具合が生じていた。

【0004】また、多量に光学成形面を加工すると、工

具の切れ刃の状態や加工条件、加工環境温度の変化などにより、微妙に切削加工し仕上げた光学成形面の形状がバラツいていた。この光学成形面加工バラツキは、一般的には100nm程度の光学面形状誤差を発生し、非常に慎重に加工した場合でも50nm程度の誤差が残り、これが加工精度限界であった。

【0005】また、近年、光学面に回折溝を施して色収差を効率よく補正する光学系が、光情報記録分野などで実用化され、大量に生産されている。光学材料としては、プラスチックやガラスが使われているが、赤外光学系などではZnSeなどの結晶材料も用いられている。この様な光学素子を大量に生産する時に効率の良い手法は、成形であるが、この際に成形金型の微細な回折溝を有する光学成形面を高精度に効率よく製作する技術が、極めて重要となっている。

【0006】例えば、ダイアモンド切削により光学成形面上に回折溝などの光学機能を有する微細なパターンを創成する場合は、刃先の鋭さが回折溝形状の正確さを左右し、光学面として転写された時に回折効率に大きな影響を与えることが、特開2001-195769号公報等で述べられるように知られている。

【0007】従って、回折輪帯の回折効率を低下させないためには、刃先の大きさを十分小さくせねばならず、そのため小さな刃先部分に切削抵抗が集中してかかるので切り込み量を小さくせねばならず、光学成形面全体を均一に切削除去するまでに加工回数が多くなる。また、小さなカッターマークによる光学成形面の表面粗さの劣化を防ぐためにも工具送り速度を遅くせねばならず、1回の光学成形面加工時間も長くなる。その結果、切削長が増大するので工具刃先の損耗が大きくなり、工具交換が頻繁となる。つまり、従来のダイアモンド切削により微細な形状を有する光学成形面を加工する場合は、工具の寿命が極端に短くなり、また、切削によりダイアモンド中のカーボンがプランクに拡散し、それにより工具の寿命を更に短縮化させることとなっている。しかも一つの光学成形面を加工する時間も増大するので、加工効率が非常に低下し、金型の生産性が低下してコストが急激に高くなっていた。そのため、特にダイアモンド切削により微細な形状を表面に有する光学成形面を仕上げる場合には、簡素で納期の短い金型製作手法が望まれる。

【0008】加えて、近年、波長の数倍からそれよりも小さな微細構造を光学面に施して、新たな光学的機能を光学素子に付加することが試みられている。例えば、非球面光学面を有する成形レンズの表面に回折溝を施して、屈折による通常の集光機能とその時に副作用として発生する正の分散を、回折溝による回折の大きな負の分散を利用してうち消して、本来、屈折だけでは不可能な色消し機能を有する単玉光学素子が、DVD/CD互換の光ディスク用ピックアップ対物レンズで実用化されている。これは、光学素子を透過する光の波長の数10倍

の大きさの回折溝による回折作用を利用したもので、このように波長より十分大きな構造による回折作用を扱う領域は、スカラー領域と呼ばれている。

【0009】一方、光学素子を透過する光の波長の数分の一という微細な間隔で、円錐形状の突起を光学面の表面に密集させて形成させることで、光の反射抑制機能を発揮させることができることが判っている。即ち、微細な間隔で突起を形成することで、光波が光学素子に入射する際の空気界面での屈折率変化を、従来の光学素子のように1から媒体屈折率まで瞬間に変化させるのではなく緩やかに変化させ、それにより光の反射を抑制することができる。このような突起を形成した面は、いわゆる蛾の眼(moth eye)と呼ばれる微細構造で、光の波長よりも微細な構造体が波長よりも短い周期で並ぶことにより、もはや個々の構造が回折せず、光波に対して平均的な屈折率として働くもので、このような作用をする領域を等価屈折率領域と一般に呼んでいる。このような等価屈折率領域に関しては、例えば電子情報通信学会論文誌 C Vol. J83-C N o. 3 pp. 173-181 2000年3月に述べられている。

【0010】このような等価屈折率領域の微細構造によれば、従来の反射防止コートに比べて反射防止効果の角度依存性や波長依存性を少なくしながら同時に大きな反射防止効果を得ることができ、また、成形により光学面と微細構造が同時に創成できることから、レンズ機能と反射防止機能が同時に得られて、従来のように成形後にコート処理をするといった後加工が不要となる、など生産上のメリットも大きいと考えられ注目されている。さらに、このような等価屈折率領域の微細構造を光学面に対して方向性を持つように配すると、強い光学異方性を光学面に持たせることもでき、従来、水晶などの結晶を削りだして製作していた複屈折光学素子を成形によって得ることができ、また、屈折光学素子や反射光学素子と組み合わせて新たな光学的機能を付加することができる。この場合の光学異方性は、構造複屈折と呼ばれている。

【0011】上述したスカラー領域と等価屈折率領域の間には、回折効率が入射条件のわずかな違いにより急激に変化する共鳴領域がある。例えば、回折溝幅を狭くしていくと、波長の数倍程度で急激に回折効率が減少し、また増加するという現象(アノマリー)が発生する。このような回折溝幅を調整することによって、特定の波長のみを反射する導波モード共鳴格子フィルターとして、通常の干渉フィルターと同等の効果をより角度依存性を少なくして実現できる。

【0012】ところで、スカラー領域や、等価屈折率領域や、共鳴領域を利用して光学素子を形成しようとする場合、その光学面に微細な突起(又はくぼみ)を形成する必要がある。このような微細な突起(又はくぼみ)を備えた光学素子を大量生産するには、一般的にはプラス

チックを素材として成形を行うことが適しているといえるが、かかる場合、微細な突起(又はくぼみ)に対応したくぼみ(又は突起)を備えた光学成形面を、金型に設ける必要がある。

【0013】しかるに、上述したような等価屈折率領域や共鳴領域の突起(又はくぼみ)に関しては、数十乃至数百ナノメートルの間隔で突起(又はくぼみ)を形成しなくてはならず、切削加工を含む機械的加工では極めて困難であり、実用的な金型が製作されていないのが現状である。加えて、従来の金型は再利用が困難という問題もある。

【0014】本発明は、かかる従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、従来とは全く異なる思想に基づいて、切削性に優れ、寸法精度を高めることができ、しかも所望の光学面の形状を転写形成可能な光学素子用金型を提供することを目的とする。又、本発明は、微細形状を転写形成可能な光学素子用金型、それを用いて形成された光学素子及びそれを成形するためのマスター型を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】請求項1の光学素子用金型は、光学素子を成形するための光学素子用金型であって、過冷却液体域を有する非晶質合金を成形することによって形成された第1の型に対して、光学素子の光学面もしくは寸法基準面を成形するために用いられる面を、削る加工を施すことによって形成したので、前記非晶質合金の被削性が極めて良好であることから、前記光学素子の光学面もしくは寸法基準面に対応する金型の光学成形面もしくは成形寸法基準面を精度良く仕上げることができ、しかも工具の寿命を延長させることができる。

尚、寸法基準面とは、例えば光学素子のフランジ部周面などのごとく、その光学素子を他の部材に取り付ける際に、位置決めの基準となるような面をいう。

【0016】ここで、過冷却液体域を有する非晶質合金(アモルファス状合金ともいう)について説明する。過冷却液体域を有する非晶質合金は、金属ガラスとも呼ばれ、加熱すると過冷却液体となるアモルファス状の合金である。これは、通常の金属が多結晶組成であるのに対して、組織がアモルファス状のため組成がミクロ的にも均一で機械強度や常温化学耐性に優れ、ガラス転移点を有し、ガラス転移点+50~200°C前後(これを過冷却液体域といふ)に加熱すると軟化するためプレス成形加工が出来るという、通常の金属に無い特徴を有する。

【0017】従来、金属ガラスについてこの加熱プレス成形によって成形金型を創成する技術が特開平10-217257号公報で述べられ、また稜線を有する光学素子について特開平9-28627号公報で述べられている。また、日本機械学会65卷633号346-352「金属ガラスの精密・微細加工に関する研究」で、金属ガラスをプレス成形して光学成形面を有する成形金型

部品を創成した例が述べられている。この例では、プレス成形による転写光学面（光学成形面）の形状精度は500 nm、表面粗さは90 nmとしている。

【0018】ここで、本発明者は金属ガラスのアモルファス構造に着目し、金属ガラスに対し直接ダイアモンド工具による超精密切削加工を行うと、高精度な光学鏡面が容易に得られることを新たに見いたした。その理由は、この材料がアモルファス状であり結晶粒界を持たないので場所によらず被削性が均一であること、又アモルファス状を保つために結晶化エネルギーを大きくして組成的に多晶体としているため、切削加工中のダイアモンドの拡散摩耗が少なく工具の刃先寿命を長く保てること等によるものであることがわかった。同様なことは、ダイアモンド工具などを用いた研削加工にもいえる。

【0019】特に、本発明を適用した例では、従来の加熱プレス成形のみによる光学素子の光学面創成を行うのではなく、まず金属ガラスを加熱プレス成形によりニアネットシェイプ、即ち仕上げ形状に非常に近いブランク（第1の型）を製作した後、超精密加工機によるダイアモンド切削で、光学素子の光学面やその他の嵌合面に対応する面などを切削加工して、第2の型に仕上げるというものである。

【0020】このような手法で成形する際は、割り型を用いてパーティングラインが、成形した光学素子用金型の光学成形面に残るよう成了形しても良く、また抜き勾配があっても良い。切削加工などの後加工によって、容易に削除できるからである。又、加熱プレス成形等により形成した第1の型に、基準となる面を加工創成した後、この面を基準として偏心が最小となるよう加工機に取り付け、光学面に対応する面（光学成形面という）を超精密加工機によりダイアモンド切削加工すれば、偏心の少ない高精度な光学成形面を容易に創成できる。この手法によると、第1の型の寸法精度は、最終仕上げ寸法に対して5~10 μm程大きく成形すれば良く、後加工による加工取り代が従来の約1/10以下となる。従って、本発明による光学素子用金型は、極めて効率よく大量に製作することができるといえる。

【0021】また、本発明の光学素子用金型は、基本的には、従来の金型のような化学メッキ処理を行う必要がなく、メッキ厚を、ブランク寸法を決めるのに考慮する必要もないため、光学成形面加工に至るまでのブランク製作工程が極めて簡素になり、納期も従来の1/4以下とすることができます。さらに、何度も光学成形面を再切削加工でき、不要となった場合でも、加熱プレス成形により別の形状の型材料とすることが出来るので、材料寿命としては半永久的となる。

【0022】一方、本発明を別な角度で見ると、以下のようなことも考えられる。本発明者は、金属ガラスがプラスチックなどの成形と根本的に異なる点として、金属材料であるから熱伝導性が非常に高く全体が瞬間に固

化し、冷却収縮が小さくしかも成形部位によらず比例的に発生することや型との反応性が低いことなどが挙げられるので、成形圧力や成形時間を最適化することによりプラスチック成形で得られる光学面と同等またはさらに高精度に再現性良く転写できることに思い至った。

【0023】そこで、光学面上に微細な突起（又はくぼみ）を有する光学素子の成形金型として、何らかのマスターから成形転写することで、かかる非晶質合金製の光学素子用金型を得れば、最終成形品であるプラスチックなどの光学素子よりも形状精度の高い金型を多量に容易に得ることが実現できる。そのようにして形成された精度の高い光学成形面を有する第1の型に対して、成形時に生じたパーティングラインなどを機械加工で除去すれば、高精度な光学素子用金型を得ることができる。尚、光学素子用金型を成形するに必要なマスターは、光学素子の光学面に対応する面にレジストをスピンドルコート法などで塗布し、電子ビームやレーザービームによって微細パターンを露光した後、現像によって光学面上の微細パターンを形状化することにより得ができる。

【0024】すなわち、本発明の光学素子用金型は、従来の光学成形面に比べて3倍以上時間のかかる微細な形状を有する光学成形面などの加工においても、ニアネットシェイプである第1の型を容易に製作でき、光学成形面の切削回数を大幅に低減して加工効率を向上できる。但し、本発明の範囲は、微細な光学パターン（微細な形状を有する光学成形面）を形成した光学素子用金型に限られるものではない。また、使用されるダイアモンド工具形状や切削条件にも依存しない。また、本発明の別な側面は、金属ガラスである非晶質合金がダイアモンド切削により高精度な光学面を得られるという、新たに発明者が発見した知見に基づき、成形により得られた第1の型に対して、ダイアモンド切削による光学成形面の創成や寸法基準面の創成を行って第2の型を形成するという高精度な光学素子用金型を範疇とするものである。

【0025】本発明の光学素子用金型で用いることができる非晶質合金の種類は問わない。Pd系、Mg系、Ti系、Fe系、Zr系などの公知の金属ガラスが使えるが、過冷却液体域を有するアモルファス状である合金材料であることが、本発明に必要な用件であって、これらの組成や種類は問わない。ただし、プラスチック光学素子成形用の金型材料としては、樹脂温度が300°C近くであることから、Pd系、Ti系、Fe系などがガラス転移点が高いので有利であるが、より好ましくはPd系が空気中でほとんど酸化することなく、加熱プレスができ、また、大きなバルク形状が出来るという点でも有利である。この場合、Pd（パラジウム）は貴金属で高価ではあるが、本発明の方法で製作された金属ガラスの成形金型は不要となれば鋳潰して再利用できるため、短納期で加工労務費が低いことを合わせると、長期にわたる

金型コストは従来金型より低コストにできる。

【0026】請求項2に記載の光学素子用金型は、前記第1の型は、前記過冷却液体域を有する非晶質合金を加熱軟化しプレス成形することで形成されるため、たとえ仕上げ形状が複雑な形状であっても、それに非常に近いニアネットシェイプを容易に形成することができる。

【0027】請求項3に記載の光学素子用金型は、前記面を削る加工は、切削加工であると、精度の良い加工ができる。

【0028】請求項4に記載の光学素子用金型は、前記面を削る加工は、研削加工であると、精度の良い加工ができる。

【0029】請求項5に記載の光学素子用金型は、前記面を削る加工は、ダイアモンド工具を用いて行うと、高精度の加工ができると共に、ダイアモンド工具の寿命を大幅に延長することができ、製造コストも低減できる。

【0030】請求項6に記載の光学素子用金型は、光学素子を成形するための光学素子用金型であって、過冷却液体域を有する非晶質合金を成形することによって形成された第1の型に対して、光学素子の光学面もしくは寸法基準面を成形するために用いられる光学成形面を、露光・現像処理を行って形成したので、切削加工などでは不可能な、例えば微細なくぼみ（又は突起）を前記処理によって面に形成することができ、それにより成形された光学素子の光学面に微細な突起（又はくぼみ）を形成することで、多機能な光学素子を成形することができる。尚、ここで突起及びくぼみを両方含む光学成形面も、もちろん本発明の範疇である。

【0031】さらに、回折光学素子などの微細な形状を有する光学面を、直接金型の光学成形面上に創成する手法を、本発明者は考案した。その例を示すと、非球面形状などに成形された第1の型の光学成形面上に、スピニコートなどで0.1～3μmの厚みにレジストを直接塗布して、これに電子ビームやレーザービームなどで直接描画して現像し、レジストの微細光学パターンを光学表面に形成した後、ドライエッティングにより光学成形面表面に、回折輪帶の回折溝に対応する突起又はくぼみなどの微細な形状を形成し、光学素子用金型を得るものである。

【0032】金属ガラスは前述したように、基本的に、アモルファス状であり全体が均一で結晶粒界を持たないため、どの部位であっても全く単一組成の方向性を持たない材料である。つまりこれは、ドライエッティングにおいて例えば単結晶シリコンのように結晶方位で選択的にエッティングが進行するということではなく、条件に従ってエッティングが均一に進むということである。従って非晶質合金の表面にレジストの厚みで微細な光学パターンを形成して、イオンや電離したガス成分などを一方向から加速してレジスト表面に照射すると、その厚みにほぼ比例して照射方向にエッティングが進行する。非晶質合金は

導体であるから、電子ビームによる露光やイオンエッチングなどで荷電粒子を加速して表面にぶつける際に容易に電界を形成できるので、石英基材などのようにレジスト表面に導電膜を施す工程は不要で、具合が良い。

【0033】また、このような荷電粒子によるエッティングは、ダイアモンドなどの先端を鋭利に加工する用途として既に実用化されており、装置も希ガスなどを電離してイオン化し電界をかけて加速してぶつけるという非常に単純な構造であるため、本発明を実現するために特別

10 な設備を開発する必要はない。本発明では、露光・現像処理の例としてのドライエッティングに用いる荷電粒子の種類も特に限定されるものではない。非晶質合金を用いた光学素子用金型の光学成形面上に、レジストで形成した微細形状を荷電粒子を照射することでドライエッティングして、高精度な微細構造光学素子用金型を得ることも本発明の範疇である。

【0034】この第1の型となる非晶質合金に直接レジストを塗布してドライエッティングする手法は、金型の必要数量が多くないときに有効である。一方、マスター型に形成した微細な形状の光学パターンを加熱プレス成形で転写して、非晶質合金の金型を得る手法は、多量に金型を必要とするときに有効である。

【0035】ここで、前記第1の型の露光・現像処理についてより具体的に説明する。半導体素子などを形成する手法として、シリコンウェハーにフォトレジスト（レジストともいう）を塗布し、レーザービームを照射して所定のパターンを描画する手法が知られている。これを利用して、前記第1の型に微細なくぼみ（又は突起）を形成することが考えられる。

30 【0036】即ち、第1の型における非球面などの光学成形面においても、全く同様にフォトレジストをスピニコート法などで塗布し、電子ビームやレーザービームによって微細パターンを露光した後、現像によって光学面上のくぼみ（又は突起）などの微細パターンを形状化するのである。

【0037】この手法によれば、上述した微細なくぼみ（又は突起）以外にも、通常の機械加工での創成では極めて困難である、非対称や非軸対称なパターンや形状を含んだ微細な形状を、光学成形面上に、露光ビームの制御により高精度に創成することが可能となる。

【0038】尚、フォトレジストの厚みは通常1μm程度であるが、塗布乾燥後ポストベーティングして十分固化させた後、再塗布をすることによりフォトレジストを厚くすることができる。露光手法は、電子ビームやレーザービームなどの露光量（ドーズ量）を調整することにより、ネガ型のレジストでは露光量の多いところはより固化して現像の際に残り、ポジ型では逆に現像液中に溶出するので、露光量によって現像の進行に差が生じ、それによりレジストの立体的な微細形状が創成できる。

50 【0039】レジストは樹脂であるから、このまま金型

11

の成形転写面として用いるには強度や密着性が足らず实用性に乏しい。従って、何らかの手法によって、このレジストによる光学面上の微細な形状をマスターとして金型材料に転写する必要がある。従来、この手法の一つとして電鋳が使われていた。例えば、光ディスクのピットパターンを転写してスタンバ金型を製作する際に、レジストによりガラス基板上に創成されたピットと呼ばれる光記録パターン表面を、銅などのフラッシュメッキで表面に導電性を持たせた後、電解液中で電界をかけて金属ニッケルを析出付着させることで、微細な形状を写し取るものである。

【0040】しかしながら、電鋳はその生成方法から容易に想像できるように、析出して突出したところほど電界密度が増し、さらにメッキが進むという現象が起き、そのためメッキ液中の電界分布はミクロ的に常に変動しており均一に電鋳の厚みが増えるわけではない。そのため、電鋳内には非常に大きな応力が発生するので、表面の微細形状は精度良く転写できるが、基盤の平面形状は応力でマスターから剥離した段階で反ったりするのが普通である。前述した光ディスク基板のように、全体が平面形状の場合は、電鋳の厚みを0.1mm以下に非常に薄くすることと、マスターから剥離後に裏面を薄く研磨して平面性を確保するなどの後工程を行い、金型の平面部に倣うように取り付けることで、金型内で平面形状を維持している。

【0041】これに対し、基板形状が非球面の光学成形面などのように高精度な立体形状の場合は、このような従来の手法は使えず、電鋳処理後にマスターから剥離した瞬間に、光学成形面形状は歪んでしまうという問題がある。電鋳の状態にもよるが、数mmの厚みに電鋳を施した場合は、10μm程度は歪みによる光学成形面の変形を考慮する必要がある。世の中では、微細な形状を有する光学成形面の形状精度は少なくとも100nm以下、高精度な用途では50nm以下が要求されており、従ってこのように高精度な光学成形面を電鋳により転写してレジストから金型を得ることはできない。従って、従来のレジストによる微細な形状を表面に有する光学成形面は、電鋳により転写しても微細な形状は写し取れるが、光学成形面形状は歪んで使用できなかつたのである。

【0042】そこで、本発明においては、まず、光学素子の光学面の、例えば非球面形状に精度良く一致させた光学成形面や、寸法基準面と嵌合する面（成形寸法基準面）を備えたニアネットシェイプの第1の型を成形し、更にその光学成形面に対して、スピンドル法でレジストを塗布した後、電子ビームやレーザビームで所定のパターンを形成し、その後ドライエッティングを施すことで、例えば微細なくぼみ（又は突起）が形成されるようになっている。以上の処理が、現像・露光処理の一例であるが、これに限られない。ドライエッティングとしては、

12

ガスエッティングによる化学的なエッティングやイオンエッティング、プラズマエッティングなどの物理的なエッティングとそれらを複合したエッティング技術がある。また、微細な形状の創成に基板材料のエッティング異方性を積極的に利用する技術もある。

【0043】請求項7に記載の光学素子用金型は、光学素子を成形するための光学素子用金型であって、過冷却液体域を有する非晶質合金を成形することによって形成された第1の型に対して、光学素子の光学面もしくは寸法基準面を成形するために用いられる面を、削る加工を施し、露光・現像処理を施すことによって形成したので、請求項1又は6の発明の光学素子用金型に対し、より精度の高い或いは所望のパターンを形成した光学成形面などの形成が可能となっている。尚、例えば前記第1の型において、前記光学素子の光学面に対応する光学成形面が精度よく形成されていない場合に、切削加工などによって、所定の面としての前記光学成形面を切削することで仕上げ加工を施すこととも、また前記第1の型において、前記光学素子の光学面に対応する光学成形面が精度よく形成されている場合に、所定の面としての前記光学成形面に更に露光・現像処理（或いは切削加工）を施すことでも、微細な突起を形成することも、本発明の範疇に含まれる。同様なことは、寸法基準面に対応する型の面にもいえる。

【0044】請求項8に記載の光学素子用金型は、前記第1の型は、前記過冷却液体域を有する非晶質合金を加熱軟化しプレス成形することで形成されるため、たとえ仕上げ形状が複雑な形状であっても、それに非常に近いニアネットシェイプを容易に形成することができる。

【0045】請求項9に記載の光学素子用金型は、前記面を削る加工は、切削加工であると、精度の良い加工ができる。

【0046】請求項10に記載の光学素子用金型は、前記面を削る加工は、研削加工であると、精度の良い加工ができる。

【0047】請求項11に記載の光学素子用金型は、前記面を削る加工は、ダイアモンド工具を用いて行うと、高精度の加工ができると共に、ダイアモンド工具の寿命を大幅に延長することができ、製造コストも低減できる。

【0048】請求項12に記載の光学素子用金型は、前記光学素子の光学面に複数の突起又はくぼみが転写形成されるように、対応したくぼみ又は突起が形成されると、例えば間隔が数十乃至数百ナノメートルという微細な突起又はくぼみであっても、前記光学面に転写成形できるので、多機能な光学素子を得ることができる。

【0049】請求項13に記載の光学素子用金型は、前記光学素子の光学面の突起又はくぼみが、等価屈折率領域の微細構造を形成するものであるので、前記光学素子の光透過率をより高めることができ。尚、前記突起又

はくぼみの間隔は、前記光学素子の光学面を透過する光の波長以下であると好ましい。

【0050】請求項14に記載の光学素子用金型は、前記光学素子の光学面の突起又はくぼみが、反射防止効果を発生する微細構造を形成するものであるので、前記光学素子の光透過率をより高めることができる。尚、前記突起又はくぼみの間隔は、前記光学素子の光学面を透過する光の波長以下であると好ましい。

【0051】請求項15に記載の光学素子用金型は、前記光学素子の光学面の突起又はくぼみが、構造複屈折を発生する微細構造を形成するものであるので、例えば、前記光学素子の光透過率を光の振動方向に対して変化させることができる。尚、前記突起又はくぼみの間隔は、前記光学素子の光学面を透過する光の波長以下であると好ましい。

【0052】請求項16に記載の光学素子用金型は、前記光学素子の光学面の突起又はくぼみが、共鳴領域の微細構造を形成するものであるので、例えば前記光学素子の収差の度合いを変化させて、異なる機能を発揮させることができる。

【0053】請求項17に記載の光学素子用金型は、前記光学素子の光学面の突起又はくぼみが、前記光学素子に対して光を照射する光源の波長変化による収差変化を調整する機能を有するものであるので、前記光学素子の機能をより高めることができる。

【0054】請求項18に記載の光学素子用金型は、前記光学素子の光学面の突起又はくぼみが、温度変化による収差変化を調整する機能を有するので、前記光学素子の機能をより高めることができる。

【0055】請求項19に記載の光学素子用金型は、前記光学素子の光学面の突起又はくぼみが、回折輪帯（輪帶状の回折面）であるので、例えば第1の型の段階で光学素子の回折輪帯に対応する光学成形面を形成すれば、従来、回折輪帯を形成するために用いていた切削加工が必要となり、加工にかかる手間及びコストを削減することができる。

【0056】請求項20に記載の光学素子用金型は、前記過冷却液体域を有する非晶質合金が、室温で硬度Hv300以上であると好ましい。

【0057】請求項21に記載の光学素子用金型は、前記過冷却液体域を有する非晶質合金が、室温で硬度Hv700以下であると好ましい。

【0058】通常、金型材料の硬度は、ダイセット金型との摺動や光学成形面の清掃などによる摩耗や傷の発生など、実使用上の耐久性を満足する程度に高いことが要求され、従ってHv300以上は必要である。しかし、あまり硬度が高いと光学成形面のダイアモンド切削時に工具の負担が大きくなり、工具寿命を縮めたり高精度の光学成形面形状の創成が難しくなるので、同時にHv700以下であることが好ましい。金属ガラスである非晶

質合金の硬度は、一般的には、室温で、従来の無電界ニッケルメッキとほぼ同等のHv500~600であり、引っ張り強度は従来のブランク鋼材に対して2倍ほど高く、機械強度の点でも申し分なく、従来より丈夫な金型材料であるといえる。さらに、化学耐性が高いので、プラスチック製光学素子の成形時に発生する微量の腐食性ガスなどにも安定で、成形中に光学素子の光学面に曇りが発生することも防止できる。

【0059】請求項22に記載の光学素子用金型は、前記過冷却液体域を有する非晶質合金の組成に、パラジウムを含有すると、光学素子用金型の酸化防止を図ることができる。

【0060】請求項23に記載の光学素子用金型は、前記過冷却液体域を有する非晶質合金の組成に、パラジウムを30mo1%以上50mo1%以下の割合で含むと、光学素子用金型に好適な非晶質合金を得ることができる。

【0061】請求項24に記載の光学素子用金型は、前記過冷却液体域を有する非晶質合金の組成に、銅、ニッケル、燐、ジルコニア、アルミニウムのいずれかを少なくとも3mo1%以上の割合で含有するので、光学素子用金型に好適な非晶質合金を得ることができる。

【0062】請求項25に記載の光学素子用金型は、請求項1乃至24のいずれかに記載の光学素子用金型を用いて成形してなるので、高精度又は多機能な光学素子を安価に得ることができる。

【0063】請求項26に記載の前記光学素子は、プラスチック材料を素材とするので、例えば光学成形面の微細な形状を精度良く転写できる。

【0064】請求項27に記載の前記光学素子は、ガラス材料を素材とするので、例えば光学成形面の微細な形状を精度良く転写できる。

【0065】請求項28に記載の前記光学素子はレンズであると、機械加工では大量生産が困難な非球面光学面などを転写により容易且つ安価に成形できる。

【0066】請求項29に記載のマスター型は、請求項1乃至24のいずれかに記載の光学素子用金型において、前記第1の型を成形するために用いられることを特徴とする。

【0067】請求項30に記載のマスター型は、500°Cにおいて硬度Hv300以上である材料により形成されれば、加熱され軟化した非晶質合金を成形することができる。

【0068】請求項31に記載のマスター型は、その材料は石英であると、請求項30に述した特性を有し、又化学的安定性に優れるので好ましい。

【0069】請求項32に記載のマスター型は、その材料は単結晶シリコンであると、請求項30に述した特性を有し、又化学的安定性に優れるので好ましい。

【0070】請求項33に記載のマスター型は、前記マ

スター型の材料はタングステンカーバイトを含んでいれば、粉末冶金から形成でき、又加熱され軟化した非晶質合金を成形することができる。

【0071】本明細書中で用いる回折輪帯とは、光学素子（例えばレンズ）の光学面表面に、光軸を中心とする略同心状の輪帯として形成されたレリーフを設けて、回折によって光束を集光あるいは発散させる作用を持たせた回折面のことをいう。例えば、光軸を含む平面でその断面をみれば各輪帯は鋸歯のような形状が知られているが、そのような形状を含むものである。又、回折輪帯はここでは回折溝ともいう。

【0072】本発明が適用されるに当たり、突起（又はくぼみ）の並びなど、個々の微細構造の形状や配列周期などは関係ない。どのような微細な構造であっても、光学素子に新たな機能を付加する目的で作られたものであれば、その成形金型（光学素子用金型）は本発明の範疇に含まれる。また、新たに付加する機能としては、収差を低減するものに限らない。光学系の特性に応じて収差を故意に増加させる場合も、最終的に理想とする収差に近づける目的で行う限り、本発明の範疇に含まれる。

【0073】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。図1は、光学素子用金型を製作する工程を示す図である。まず、図1（a）に示すように、光学素子の一例であるレンズの非球面に対応した母非球面1aを形成したマスター型材1に、支柱2を取り付け、且つボルト3を用いて円筒状のプランク型2を組み付ける。更に、図1（b）に示すように、マスター型材1及びプランク型2をヒーターHにより予備加熱しておき、過冷却液体域間で加熱し軟化させた非晶質合金MGを、急激な固化を抑制しつつプランク型2内に挿入し、プランジャー6で加圧する。このときプランク型2内の空気は、エアベント（プランク型2の端面に形成された溝2a）を介して外部へと流出する。非晶質合金MGは、溶融した樹脂と同様に柔軟性があるため、わずかな加圧であっても、プランク型2の内形状に一致するように変形し、又、マスター型材1の母非球面1aの形状に一致するように変形する。すなわち、マスター型材1の母非球面1aに対応する光学転写面（後述する10a）は、非球面形状に形成されることとなる。非晶質合金MGを軟化させて成形することで、マスター型4（マスター型材1及びプランク型2）の損耗を抑制し、その寿命を延長することができる。

【0074】更に、図1（c）に示すように、マスター型4とプランジャー6とを一体で、冷却水が満たされた容器7内に沈下させることで、非晶質合金MGを急冷させる。尚、かかる冷却は自然放冷であっても良い。その後、容器7から取り出したマスター型4とプランジャー6とを分離させ、固化したアモルファス合金MGを取り出すことで、第1の型10（図2）が形成される。尚、

成形後の非晶質合金のフランジ外周面の仕上げ加工において、マスター型材1のティルト基準面（図4の10bに対応）でティルトを合わせた後、光学転写面10aを回転させて、その偏心量に基づいて調整を行うことで、光学転写面10aの偏心量の除去を機械加工で行える。

【0075】図2は、第1の型10を機械加工する状態を示す図である。図2において、第1の型10を不図示の駆動体で回転させながら、ダイアモンド工具Tで、光学転写面10aを切削加工し、第2の型即ち光学素子用金型10'（図3）を形成している。このような切削加工により、例えば光学転写面10aに、最終製品であるレンズの回折輪帯に対応する溝を形成し、光学成形面10a'を得ることができる。又、パーティングラインの削除や、偏心調整などをを行うためのレンズの光学面の周囲に設けられるフランジ周面の加工も可能である。ダイヤモンド工具等を用いた切削加工に限らず、ダイヤモンド砥石を用いた研削加工であっても良い。

【0076】図3は、光学素子であるレンズを成形するための金型を示す断面図である。上述のようにして非晶質合金MGから形成し機械加工を施した光学素子用金型10'、同様にして形成した光学素子用金型11とを、それぞれ光学成形面10a'、11a同士を対向させるようにして、ダイセット金型13、14に挿入し、溶融したプラスチック材料PLを光学素子用金型10'、11間に射出し、更に冷却することで、所望の形状のレンズを得ることができる。

【0077】更に、本発明の第2の実施の形態について説明する。図4は、非晶質合金から成形された第1の型10に露光・現像処理工程を示す図である。予め、第1の型10の光学転写面10aは、図2に示すような成形工程で、マスター型材から非球面形状を精度良く転写されているものとする（図4（a））。

【0078】続いて、図4（b）に示すように、不図示の駆動体によって第1の型10を光軸回りに回転させながら、光学転写面10aにレジストRを塗布する（スピンドルコート）。レジストRは、光学転写面10aを含む第1の型10の上面全体に、等しい膜厚でコーティングされる。

【0079】更に、レジストRがコーティングされた光学転写面10aに対し、不図示の露光機により電子ビームLBを照射して、微細パターンを露光形成する。続いて、図4（c）に示すように、第1の型10を溶液中に浸し、光学転写面10a上において、露光形成された微細パターンに応じてレジストRを除去する。ここで、電子ビームLBのビーム径は極めて小さいため、数十乃至数百ナノメートルの間隔で、レジストRを除去することができる。

【0080】その後、図4（d）に示すように、部分的にレジストRが除去された第1の型10の上面を、イオンシャワーIS（加速されたアルゴンイオン等）の雰囲

気中に曝し（ドライエッティング）、レジストRのパターンに応じて、第1の型10の表面を除去する。このとき、レジストRの残っている部分は、表面が除去されないため、露光時に多数の微細な円形状でレジストRを除去することで、第1の型10の光学転写面10aの表面上に、小さな円筒形状のくぼみが多数形成され、光学成形面10a'を備えた第2の型即ち光学素子用金型10'を形成できることとなる。又、電子ビームの露光量（ドーズ量）を調整すれば、円錐状のくぼみや、鋸歯状の輪帯に対応したくぼみなどを任意に形成することができる。

【0081】このようにして形成された光学素子用金型10'を用いて、図3に示すように光学素子（レンズ）を形成することが可能となる。尚、図4に示すようにして形成された第2の型10'に対して、更に図2に示すような切削加工を施すことも可能であり、或いは図2に示す切削加工の後に、図4に示すような露光・現像処理を行っても良い。

【0082】図5は、このような光学素子用金型により形成されるレンズの光学面を拡大して示す一部断面斜視図である。図5(a)においては、レンズの光学面に、複数の突起の例として微細な円筒Cをマトリクス状に多数形成した構成（等価屈折率領域の微細構造の例）となっている。例えばかかるレンズをDVD記録／再生用光ピックアップ装置の対物レンズとして用いた場合、レンズを透過する光は650nm近傍である。そこで、微細な円筒Cの間隔Δを160nmとすると、かかる対物レンズに入射する光は殆ど反射せず、極めて光透過率の高いレンズを提供することができる。

【0083】図5(b)においては、レンズの光学面に、複数の突起の例として間隔Δで離隔した多数の微細な三角錐Tを形成しており、図5(a)と同様な顕著な効果を有する。この間隔Δとしては、0.1～0.2μm以下であると散乱を低下させるので好ましい。図5(c)においては、レンズの光学面に、複数の突起の例として間隔Δで離隔した多数のフィンF（構造複屈折の微細構造の例）を形成している。フィンFの長さは、透過する光の波長より長く（上述の例では650nm以上）なっている。かかる構成を備えたレンズは、フィンFに沿った方向に振動面を有する光を透過させるが、フィンFに交差する方向の光は透過させないという、いわゆる偏光効果を奏する。図5(d)においては、レンズの光学面に、連続した複数の突起の例として回折輪帶Dを形成している。回折輪帶Dに関しては、例えば特開2001-195769号公報に、その形状に応じた効果である色収差補正及び温度補正について詳細に述べられているので、以下の説明を省略する。また、図5(a)～(c)においては、簡単のために平面上に、それら突起を設けた図を示したが、その底面を球面や非球面等の適宜の曲率を持った曲面とし、その曲面上に設けるよう

にしてもよい。

【0084】以下に述べる実施例では、金属ガラスは過冷却液体域を有する非晶質合金である。

（実施例1）直径7mmで長さ35mmの円筒状の端面に非球面の光学成形面を有するレンズ成形用金型10本を、従来の化学メッキを施して製作したものと、本発明による第1の型成形後に、加工仕上げするものとで比較を行った。前者は、50μm小さめの第1の型を通常旋盤で切削した後、無電界ニッケルメッキを100μm施工し、外周と光学成形面を超精密旋盤によるダイアモンド切削で50μm削り落として規定寸法に仕上げ第2の型を得た。この時要した時間は、第1の型加工で2時間、無電界ニッケルメッキに20時間、ダイアモンド切削加工に10時間で、合計32時間であった。一方、本発明による金型は、汎用旋盤でマスター型を作り、金属ガラス材料Pd₄₀Ni₁₀Cu₃₀P₂₀を空気中で加熱軟化してプレス成形して第1の型を作製し、従来法と同じ超精密旋盤によるダイアモンド切削で10μm削り落として規定寸法に仕上げ、第2の型を形成した。この時要した時間は、マスター型製作に2時間、加熱プレス成形に1時間、ダイアモンド切削加工に4時間で、合計7時間であった。加工効率としては、本発明の金型の方が、約5倍良いことがわかった。金属ガラスの硬度は、Hv576であった。

【0085】（実施例2）回折輪帶に対応する突起（段差）を有する直径5mmの光学素子用金型として、従来の無電界ニッケルメッキ100μmを施した金型プランクと、Zr₅₅Cu₃₀Al₁₀Ni₅系金属ガラスを窒素雰囲気中でニアネットシェイプ成形した第1の型とで、超精密旋盤による切削加工により光学成形面を得た。ダイアモンド工具は、刃先先端の半径が0.5μmの剣先バイトを用いた。突起間隔は最小で9μm、突起数は28本であった。刃先が非常に微小で鋭利なので、切削負荷によって折損するのを防止するために、どちらも切削条件は、切り込み量2μm、工具送り速度0.1mm/minとした。このため、光学成形面を得るために1回切削するのに必要な時間は、どちらも約30分であった。従来の金型では、厚い無電界ニッケルメッキにより光学成形面表面の凹凸が20μm程度発生するので、削り落とす量としては前述したように50μm程度必要となる。そのため、光学成形面を得るために切削時間の合計は13時間を要した。一方、本発明のニアネットシェイプの第1の金型は、光学成形面を得るために形状精度を10μm以下にできるので、その切削加工時間合計は4時間であった。回折溝に対応する突起を有する光学成形面の加工効率は、本発明による金型の方が3倍以上高かった。金属ガラスの硬度は、Hv560であった。

【0086】（実施例3）石英バルクであるマスター型に、超精密旋盤研削砥石により直接直径4.5mmの非

球面の母非球面を創成加工した。非球面形状はあらかじめ金属ガラスPd₅₃Cu₂₈Ni₁₀P₉の収縮率を0.3%に見込んだ。レジストをスピンドルコートを繰り返して3.0μmの厚みに非球面形状の母非球面に施し、電界を形成できるように表面にクロムをコートして導体化した。電子ビームにより最小ピッチ3μm、段差量0.8μm、溝数250本の回折溝をドーズ量を調整しながらレジストを露光した。これを現像し、プラズマCVDにより炭化ボリ素ガス2mTorr、RFパワー500Wの条件で3時間ドライエッティングし、段差0.6μmのブレーブ状の回折輪帯の溝を非球面の母非球面に形成しマスター型を得た。このマスター型（マスター型材）に外周部を成形する円筒（プランク型）をセットし、金属ガラスPd₄₀Ni₁₀Cu₃₀P₂₀を空気中で加熱軟化して室温雰囲気でプレス成形し第1の型を得た。母非球面の成形転写性は、100μm以下で、本来稜線となる回折輪帯の山の部分の曲率半径は、SEMで観察したところ50nm以下であった。また、回折輪帯の谷の部分も一部石英のカケと思われる部分はあるものの、曲率半径50nm以下の精度で金属ガラスの光学成形面に転写していた。以上のように、回折輪帯の溝ピッチが狭く、ダイアモンド工具で切削していくには非常に効率が悪く、また、工具刃先を鋭く加工するのに限界があるため谷形状が不正確になり、そのため成形された光学素子の回折効率が低下するような場合においても、本発明によれば、十分な回折効率を確保できる正確な回折輪帯の形状を備えた光学成形面を有する光学素子用金型を得ることができる。

【0087】（実施例4）金属ガラスZr₅₅Cu₃₀Al₁₀Ni₅を、窒素雰囲気中でニアネットシェイプ成形により直径5mm、長さ35mmの第1の型に製作し、超精密旋盤によるダイアモンド切削で非球面の光学成形面を創成した。更に、この光学成形面上にレジストをスピンドルコートにより厚み1.2μm塗布した。レーザービーム描画装置により、回折輪帯の溝パターンを照射量を調整しながら露光した。レジストを現像して、最小ピッチ5μm、段差0.8μm、溝数130本のブレーブ型の回折輪帯に対応する突起を形成した。これに、3.0×10⁻⁴TorrのAr雰囲気下で、400Vに加速したイオンビームを光学成形面の光軸方向から15分間照射して、ドライエッティングし第2の型を得た。金属ガラス光学素子用金型の光学成形面に、段差1.5μmのブレーブ状の回折輪帯に対応する突起が形成できた。

【0088】図6は、金属ガラスPd₄₀Ni₁₀Cu₃₀P₂₀を平面形状にダイアモンド切削して、原子間力顕微鏡（AFM）で観察した顕微鏡写真である。切削条件は、工具の刃先R0.5mm、主軸回転速度900rpm、工具送り速度0.4mm/min、切り込み量2ミクロンであった。この条件での理論表面粗さは、Rz0.05nmである。切削平面の表面粗さは、Rtm3.83nm、Ra0.61nmであり、図のようにカエリやむしれもなく非常に平滑な面であった。ほぼ同条件で切削したダイアモンド切削用アルミ合金（S3M）の表面粗さは、Rtm4.9.nm、Ra0.80nmであり、被削性が良いと言われているA1合金よりも、金属ガラスの切削面の方が格段に良かった。

【0089】また、以上の実施例においては、光学素子の光学面に本発明を適用した例を示したが、同様に精度が要求される光学素子の寸法自体や光学素子を突き当てる位置決めする際の基準位置等に有用な寸法基準面に本発明を適用することができる。

【0090】

【発明の効果】本発明によると、切削性に優れ、寸法精度を高めることができ、しかも所望の光学面や寸法基準面の形状を転写形成可能な光学素子用金型、もしくは微細形状を転写形成可能な光学素子成形用金型、それを用いて形成された光学素子、及びそれを形成するためのマスター型を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態の光学素子用金型の製作工程を示す図である。

【図2】第1の型10を機械加工する状態を示す図である。

【図3】光学素子であるレンズを形成するための金型を示す断面図である。

【図4】第2の実施の形態の光学素子用金型をの製作工程を示す図である。

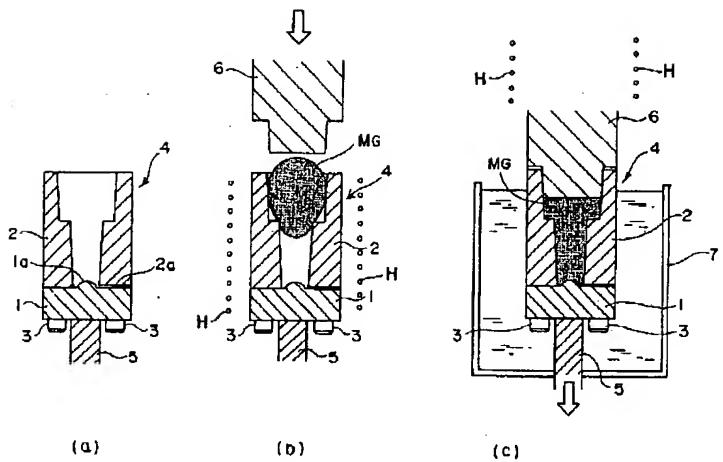
【図5】光学素子用金型により形成されるレンズの光学面を拡大して示す一部断面斜視図である。

【図6】金属ガラスPd₄₀Ni₁₀Cu₃₀P₂₀を平面形状にダイアモンド切削して、原子間力顕微鏡（AFM）で観察した顕微鏡写真である。

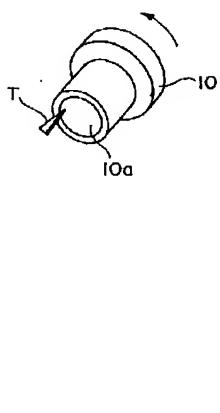
【符号の説明】

- 1 マスター型材
- 2 プランク型
- 4 マスター型
- 5 支柱
- 6 プランジャー
- 7 容器
- 10 第1の型
- 10' 第2の型（光学素子用金型）

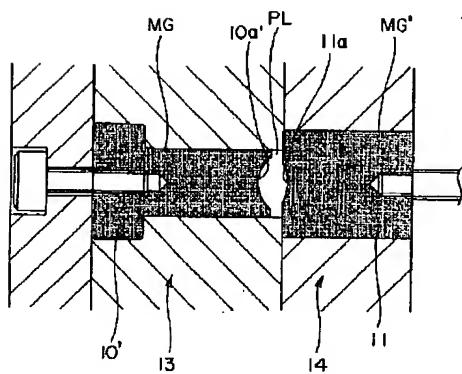
【図1】



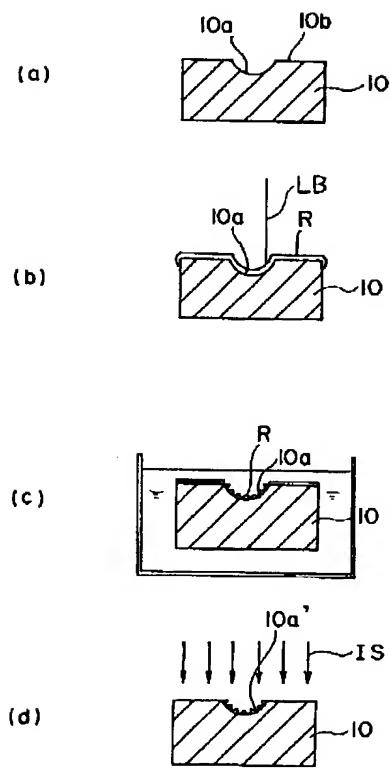
【図2】



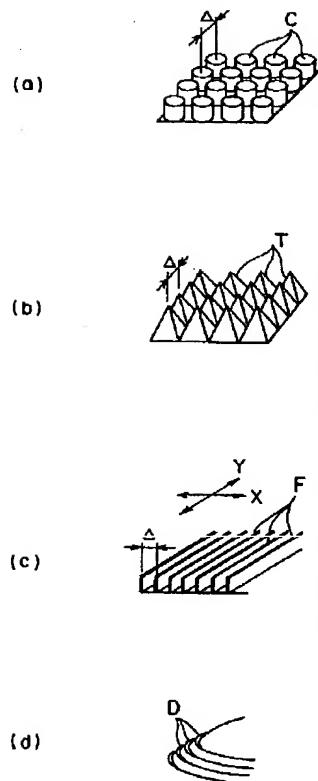
【図3】



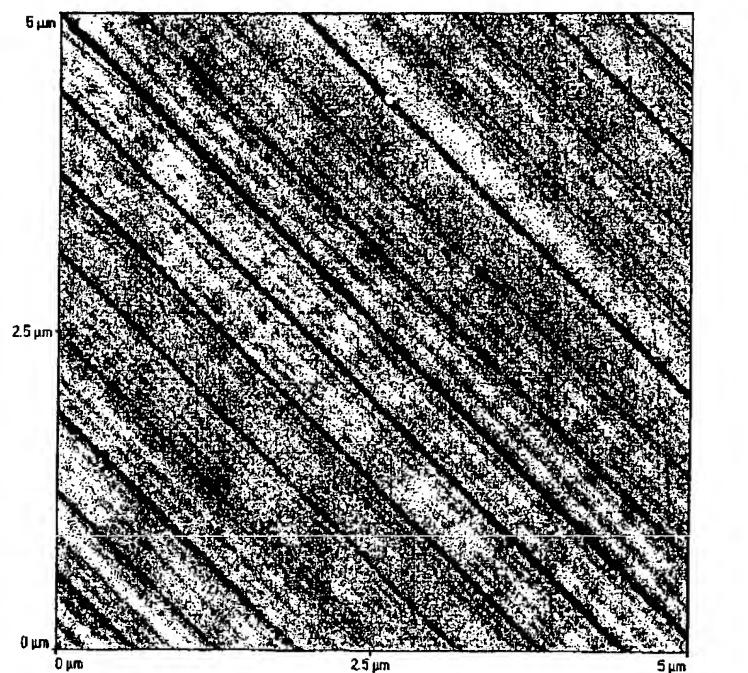
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.7

G 02 B 3/00
3/08
5/18
// B 29 L 11:00

識別記号

F I		テーマコード(参考)
G 02 B	3/00	Z
	3/08	
	5/18	
B 29 L	11:00	

F ターム(参考) 2H049 AA03 AA18 AA22 AA40 AA45
AA64
3C045 DA30
4F202 AA49 AG26 AH74 AH75 AJ02
AJ07 CA01 CA11 CB01 CD22
CK12